Subject ۸۸/۷/۱۲
Date

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(k\frac{\partial T}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(k\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\dot{q}=\rho c\frac{\partial T}{\partial t}$$

مستقل از زمان $\frac{\partial T}{\partial t}=0$ بدون تولید حرارت داخلی $\dot{q}=0$

۱- یک بعدی در جهت x
۲- بدون تولید حرارت داخلی
۳- مستقل از زمان

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)=0 \rightarrow \frac{d}{dx}\left(k\frac{dT}{dx}\right)=0 \xrightarrow{k\text{ ثابت}} k\frac{d^2T}{dx^2}=0$$

$$\xrightarrow{k\neq 0} \frac{d^2T}{dx^2}=0 \xrightarrow{\int} \frac{dT}{dx}=C_1$$

$$\xrightarrow{\int} \boxed{T=C_1x+C_2}$$

۱- یک بعدی در جهت x
۲- مستقل از زمان

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)+\dot{q}=0 \rightarrow \frac{\partial}{\partial x}\left(k\frac{\partial T}{\partial x}\right)=-\dot{q}$$

$$\xrightarrow{\int} k\frac{\partial T}{\partial x}=\dot{q}x+C_1 \xrightarrow{k\text{ طرفین تقسیم بر}} \frac{\partial T}{\partial x}=\frac{\dot{q}}{k}x+\frac{C_1}{k}$$

$$\xrightarrow{\int} \boxed{T=\frac{\dot{q}}{k}\frac{x^2}{2}+\frac{C_1}{k}x+C_2}$$

EX: دیواری با سطح مقطع $A=1\,m^2$ و ضخامت $\Delta x=3\,cm$ از جنس آلومینیوم با $k=237\,\frac{W}{m\cdot C}$ است. دمای سطح داخلی $T_1=40^\circ C$ و دمای سطح خارجی $T_2=10^\circ C$ ثابت نگه داشته شده است. مقدار گرمای منتقل شده از دیوار را محاسبه کنید.

Subject: ۱۸ و ۱۲
Date:

یک ... با انتقال گرما ... ملول ها ... و ... سلامت ... پیدا ... و ... پیدا ... و ... مولکول ها ... خواهد ...

$$q = 37 \times 1 \times \frac{50 - 10}{0.04} = 37000 \ W$$

EX: در یک ... ای که ضخامت آن 5cm = 0.05 m است اگر دمای یک سمت ... و دمای سمت دیگر 100°C باشد با فرض اینکه k برابر ... W/m°C باشد ... را بیابید.

مقدار انتقال حرارت را برای یک صفحه با ابعاد 20cm در 40cm بیابید.

$$0.4 \times 0.2 = 0.08 \ m^2$$

$$q = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \Rightarrow q = 50 \times 0.08 \frac{180 - 100}{0.05} = 32000 \ W$$

EX: اگر گرمای عبوری از یک صفحه ... برابر 1000W بوده و k بتن برابر ... و ضخامت آن 20 باشد در صفحه‌ای که ابعاد آن 50cm در 20cm و ضخامت آن 2cm است اگر دمای جای سردتر را 50°C در نظر بگیریم دمای جای گرمتر را بدست آورید.

$T_1 = 50$, $T_2 = ?$

$$q = kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$1000 = 200 \times 0.1 \times \frac{\Delta T}{0.02}$$

$$1000 = 100 \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{1000}{100} = 10 \ ^\circ C$$

DAPCO

$$T_{گرم} - T_{سرد} = \Delta T \Rightarrow T_{گرم} - 50 = 10 \Rightarrow T_{گرم} = 60 \ ^\circ C$$

Subject
Date ۹۸/۷/۱۲

EX: اگر مقدار گرمای عبوری از یک دیواره‌ی بین کدوهای یک سمت تن $-۲۷^{\circ}C$ و دمای سمت دیگر $۳^{\circ}C$ است، $۵۰۰W$ باشد با فرض اینکه ابعاد دیواره $۲m$ در dm است و k برابر ۲ معلوم است ضخامت دیواره چند است؟

$$q = kA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$۵۰۰ = ۲ \times ۱۰ \times \frac{۳-(-۲۷)}{\Delta x} \Rightarrow ۵۰۰ = \frac{۶۰۰}{\Delta x}$$

$$\Delta x = \frac{۶۰۰}{۵۰۰} = ۱,۲m$$

EX: در یک دیواره چوبی مقدار گرمای عبوری برابر $۱۰۰W$ بوده و اختلاف دمای دو سمت دیواره برابر $۵^{\circ}C$ می‌باشد اگر ضخامت این دیواره $۲cm$ باشد با فرض اینکه طول تن $۳m$ باشد عرض دیواره را بدست آورید.

$$q = kA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$$۱۰۰ = ۳ \times A\frac{۵}{۰,۰۲} \Rightarrow ۱۰۰ = ۷۵۰A$$

$$A = \frac{۱۰۰}{۷۵۰} = ۰,۱۳۳m$$

$$۲ \times \text{عرض} = ۰,۱۳۳$$

$$\text{عرض} = \frac{۰,۱۳۳}{۲} = ۰,۰۶۶۶m$$

Subject ۹۸/۷/۱۹۲۰
Date

انتقال حرارت جابجایی:

$$q_w = h \underset{m^2}{A} (T_{سیال} - T_{محیط})$$

ضریب انتقال حرارت جابجایی

انتقال حرارت جابجایی آزاد و اجباری: اگر عامل خارجی در جهت انتقال حرارت دخیل باشد، نوع انتقال حرارت جابجایی اجباری خواهد بود و اگر عامل خارجی تاثیر نداشته باشد جابجایی از نوع آزاد خواهد بود.

$$h_{\text{میان}}\ (۱۲۰۰۰۰) > h_{\text{تخمینی}}\ (۷۰۰۰۰ - ۵۰۰۰۰) > h_{force} > h\ (۵ - ۳۰)$$

مثال: هوا در دمای $۲۰^{\circ}C$ بر روی صفحه‌ای به ابعاد $۵۰cm$ در $۷۵cm$ که در حال حرارت آن $۲۵۰^{\circ}C$ است در حال وزیدن است. اگر مقدار عددی ضریب انتقال حرارت جابجایی برابر $۲۵ \frac{W}{m^2 K}$ باشد مقدار گرمای منتقل شده را بدست آورید.

$$q = hA\Delta T \qquad A = ۰/۵ \times ۰/۷۵$$

$$q = ۲۵ \times ۰/۳۷۵ \times (۲۵۰ - ۲۰) = ۲۱۵۶\ [W]$$

Subject ۹۸/۷/۲۰
Date

EX: از سیمی به قطر $d = 1\,mm$ و طول $L = 10\,cm$ جریان الکتریکی عبور می‌کند این سیم درون آب قرار گرفته و تا جوشش آب جریان از آن عبور خواهد کرد اگر ضریب انتقال حرارت جابجایی $5000 \frac{W}{m^2 K}$ بوده و دمای آب $100^\circ C$ باشد با فرض اینکه دمای دیواره‌ی سیم $114^\circ C$ باشد مقدار گرمای منتقل شده را بدست آورید.

$$q = hA\Delta T \Rightarrow q = 5000 \times 0{,}000314 \times (114-100) = 21{,}98\,[W]$$

مساحت جانبی لوله = محیط × طول

$$\pi d \times L \Rightarrow \pi \times 0{,}001 \times 0{,}1 = 0{,}000314$$

تشعشع:

$$q = E_G \; E_F \; \sigma A (T_2^4 - T_1^4)$$

$T(K) = T(^\circ C) + 273$

E_F: ضریب جذب — E_G: ضریب دید — $0 < E < 1$

ثابت استفان بولتزمن $\sigma = 5{,}669 \times 10^{-8}$

EX: دو صفحه سیاه با مساحت $1\,m^2$ در مقابل یکدیگر قرار دارند اگر دمای آن‌ها $T_1 = 300^\circ C$ و $T_2 = 800^\circ C$ باشد مقدار گرمای منتقل شده را بدست آورید.

$$q = 1 \times 1 \times 5{,}669 \times 10^{-8} \times 1 \left(1073^4 - 573^4\right) = 79035\,[W]$$

Subject ۹۸/۷/۲۰
Date

Ex: یک لوله فولادی افقی به قطر $d = 5\,cm$ و طول $L = 1\,m$ با درجه حرارت سطحی $T_{لوله} = 50^{\circ}C$ در درون اطاقی قرار دارد که دمای دیواره‌ها $T_{دیواره} = 20^{\circ}C$ می‌باشد

اگر ضریب انتقال حرارت جابجایی برابر $h = 6.5$ بوده و ضریب جذب برابر $\varepsilon_F = 0.8$ باشد مقدار کل گرمای منتقل شده را محاسبه کنید.

$q_{جابجایی} = h A \Delta T$

$A = \pi d \cdot L \Rightarrow \pi \times 0.05 \times 1 = 0.157$

$q = 6.5 \times 0.157 \times (50 - 20) = 30.73\ [W]$

$q_{تشعشع} = \varepsilon_G \cdot \varepsilon_F \cdot \sigma \cdot A (T_2^4 - T_1^4)$

$q = 1 \times 0.8 \times 5.69 \times 10^{-8} \times 0.157 \times (323^4_{K} - 293^4_{K}) = 24.04\ [W]$

$q_{کل} = q_{جابجایی} + q_{تشعشع} = 54.77\ [W]$

Subject ۹۸,۸,۴
Date

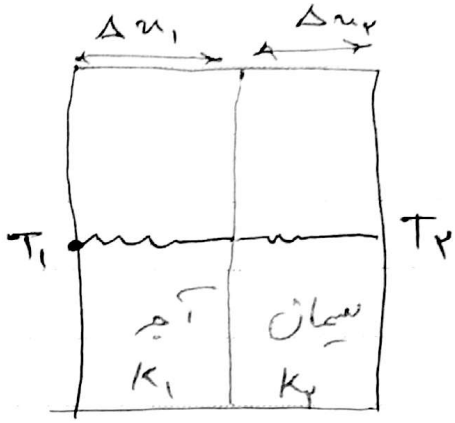
$$q = KA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

$\times \Delta x \longrightarrow q \times \Delta x = KA\frac{\Delta T}{\Delta x} \times \Delta x$

$\div kA \longrightarrow q \times \frac{\Delta x}{kA} = \frac{KA}{KA}\frac{\Delta T}{}$

$$\Longrightarrow \Delta T = q \times \boxed{\frac{\Delta x}{kA}}$$

مدار معادل:



مقاومت حرارتی R

Ex: دیواره خارجی یک خانه را می‌توان با لایه‌ای از آجر به ضخامت 4cm با $k = 0,7$ و لایه‌ای از سیمان به ضخامت 1,0cm با $K_2 = 0,48$ تقریب زد. اگر ابعاد دیوار ۲ متر در ۳ متر باشد با فرض اینکه دمای داخل دیواره $23^\circ C$ و دمای خارج آن $33^\circ C$ باشد مقدار گرمای منتقل شده را محاسبه کنید.

$$R = \frac{\Delta x}{KA}$$

آجر: $\frac{0,04}{0,7 \times 4} = 0,0095$

سیمان: $\frac{0,01}{0,48 \times 4} = 0,0052$

$R_{کل} = R_1 + R_2 \Longrightarrow 0,0095 + 0,0052$

$R_{کل} = 0,0147$

$\Delta T = R_{حرارتی} \times q \Longrightarrow (33-23) = 0,0147 \times q$

$$q = \frac{10}{0,0147} = 680,272 \ [W]$$

Subject ۹۸،۸،٤
Date

Ex: اگر در سوال قبل بخواهیم مقدار گرمای منتقل شده را نصف کنیم، چه مقدار پشم شیشه باید اضافه کنیم؟

$\Delta x = ?$ پشم شیشه

با فرض انتقال حرارت $K = 0/045$ کار خواهد بود؟

- q ثانویه $= \frac{1}{2}$ q اولیه

q ثانویه $= \frac{۹۸۰/۲۷۲}{۲} = ۳٤۰/۱۳٦ \ [w]$

$\Delta T = R_{\text{حرارتی جدید}} \times q \Rightarrow (۳۳-۲۳) = R \times ۳٤۰/۱۳٦$

$R = 0/0294$

$R_{\text{حرارتی جدید}} = R_{\text{آجر}} + R_{\text{پشم شیشه}} + R_{\text{بتن}} \Rightarrow 0/0294 = 0/00۷۲ + 0/0099 + R_{\text{پشم شیشه}}$

$R_{\text{پشم شیشه}} = 0/0147$

$R = \frac{\Delta x}{KA} \Rightarrow 0/0147 = \frac{\Delta x}{0/045 \times ۹} \rightarrow \Delta x = 0/00۶۷ \ [m]$

مدارهای معادل در اشکال لوله‌ای:

$q = KA \frac{\Delta T}{\Delta x}$

$q = K \pi ۲ r L \frac{dT}{dr}$

$\times dr \rightarrow q\,dr = K \pi ۲ r L \, dT$

$\div ۲K\pi Lr \rightarrow q \frac{dr}{۲K\pi Lr} = dT$

$q \times R = \Delta T$

$I \times R = V$

$R_{\text{حرارتی}} = \frac{Ln\left(\frac{r_{out}}{r_{in}}\right)}{۲K\pi L}$

$\int_{r_i}^{r_o} \frac{dr}{r} = Ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)$

P4PCO

Subject ۹۸،۸،۴
Date

EX: یک لوله با جداره ضخیم از جنس فولاد که ضریب انتقال حرارت آن ۱۹ است دارای قطر داخلی ۲cm و قطر خارجی ۴cm می‌باشد. لایه‌ای از آزبست با ضخامت ۳cm و ضریب انتقال حرارت ۰٫۲ روی لوله را پوشانده است اگر دمای دیواره‌ی داخلی لوله ۶۰۰°C بوده و دمای دیواره‌ی خارجی آزبست ۱۰۰°C باشد به ازای طول 1m گرمای منتقل شده را محاسبه کنید.

$$R = \frac{Ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2K\pi L}$$

فولاد $\frac{Ln\left(\frac{0,02}{0,01}\right)}{2\times 19\times \pi\times 1} = 0,0058$

آزبست $\frac{Ln\left(\frac{0,05}{0,02}\right)}{2\times 0,2\times \pi\times 1} = 0,7292$

$R_{کل} = 0,0058 + 0,7292$

$R_{کل} = 0,7349 \left[\frac{^\circ C}{W}\right]$

$$q \times R_{حرارتی} = \Delta T$$

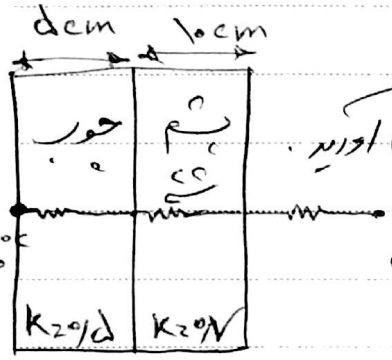
$$q \times 0,7349 = (600 - 100)$$

$$q = \frac{500}{0,7349} = 680,364 \ [W]$$

Subject ۹۸/۸/۴
Date

$$q = hA\Delta T \xrightarrow{\div hA} q \times \frac{1}{hA} = \Delta T$$

$$q \times \underbrace{\frac{R}{\text{حرارتی}}} = \Delta T \Rightarrow \underbrace{R}_{\text{حرارتی}} = \frac{1}{hA}$$



Ex: مقدار حرارت منتقل شده بین دو دیواره ۲۰°c و ۵°c را زیر رابطه آورید.

نکته: در مسائل مربوط به دیواره های مرکب همواره بین دو دمای °c

$\frac{\Delta x}{kA}$ مشخص حرارتی خواهیم کرد. در بین عبور از دیواره های مسطح مقدار R برابر

و در استوانه های هم مرکز برابر $\frac{\ln \frac{r_o}{r_i}}{2k\pi L}$ همچنین در مباحث انتقال حرارت

$R = \frac{1}{hA}$ جابجایی مقدار مقاومت حرارتی $A = 1\,m^2$ ، $h = 2\,W/m^{\circ}C$

خواهد بود. پس از رسم مدار معادل و پیدا کردن هر کدام از مقاومت ها در

نهایت مقاومت معادل رابطه خواهیم آورد و در رابطه $q \times \underbrace{R}_{\text{حرارتی}} = \Delta T$ جایگذاری

خواهیم کرد.

	R
چوب	$R = \frac{\Delta x}{kA} = \frac{0/05}{0/4 \times 1} = 0/02$
مس	$R = \frac{\Delta x}{kA} = \frac{0/1}{400 \times 1} = 0/00025$
هوا	$R = \frac{1}{hA} = \frac{1}{2 \times 1} = 0/5$

$R_{\text{معادل}} = 0/02 + 0/00025 + 0/5 = 0/52025$

$q \times R_{\text{معادل}} = \Delta T \rightarrow q \times 0/52025 = (20 - 5)$

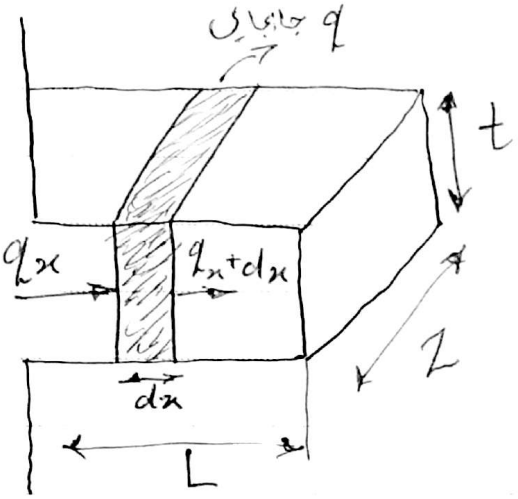
$q = \frac{15}{0/52025} = 28/841\,[W]$

PaPCO

Subject ۹۸/۸/۱۱
Date

fin ها: در اکثر مسائل صنعتی که انتقال حرارت جابجایی جزئی از آن هاست استفاده از fin ها بسیار پرکاربرد خواهد بود. باید توجه داشت روابط انتقال حرارت جابجایی به فرم $q = hA\Delta T$ مربوط لذا برای افزایش نرخ انتقال حرارت می‌توان بر روی افزایش هریک از سه پارامتر h ، A و ΔT مطالعه کرد.

در مبحث fin ها تمرکز بر روی افزایش مساحت و در نتیجه افزایش نرخ انتقال حرارت خواهد بود.



روابط حاکم: محیط T

کنترل ورودی $q_x = kA\frac{dT}{dx}$

خروجی $q - kA\left(\frac{dT}{dx} + \frac{d^2T}{dx^2}dx\right)$

جابجایی $q = h\underbrace{p\,dx}_{\text{محیط فین}}dT$

کنترل جابجایی + کنترل خروجی = کنترل ورودی

$$\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{hp}{kA}dT = 0$$

$q = hA\Delta T$

$A = 2z\,dx + 2t\,dx$

$A = dx\,\frac{(2z+2t)}{p}$

Subject
Date ۹۸/۸/۱۱

انواع fin: ۱- fin های مخروطی ۲- fin انتهایی ۳- fin عادی

fin انتهایی:

$$T_x = T_{\text{محیط}} + (T_{base} - T_{\text{محیط}}) \frac{\frac{e^{\sqrt{\frac{hp}{kA}}(L-x)} + e^{\sqrt{\frac{hp}{kA}}(L-x)}}{2} + \frac{h}{\sqrt{\frac{hp}{kA}}k} \times \frac{e^{\sqrt{\frac{hp}{kA}}(L-x)} - e^{\sqrt{\frac{hp}{kA}}(L-x)}}{2}}{\frac{e^{\sqrt{\frac{hp}{kA}}L} + e^{\sqrt{\frac{hp}{kA}}L}}{2} + \frac{h}{\sqrt{\frac{hp}{kA}}k} \times \frac{e^{\sqrt{\frac{hp}{kA}}L} - e^{\sqrt{\frac{hp}{kA}}L}}{2}}$$

$\cosh m(L-x)$

$\sinh mL$

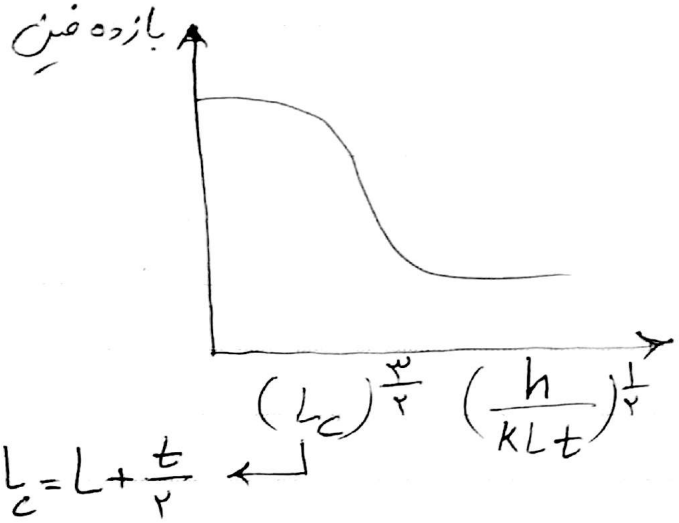
$\cosh mL$

Subject ۹۸,۸,۱۸
Date

بازده فین $\eta = \frac{q_{\text{واقعی}}}{q_{\text{حداکثر}}}$

$q_{max} = h A_{fin} \Delta T \longrightarrow \Delta T = T_{base} - T_{air}$

$A_{fin} = ۲(L \times Z) + ۲(L \times t) + t \times Z$



$L_c = L + \frac{t}{۲}$

Ex- باتوجه به اطلاعات جدول زیر مقدار کرمای ماکزیمم و بازده فین و کرمای واقعی منتقل شده را محاسبه کنید.

$L = ۱۰\ cm$	$q = h\, A_{fin}\, \Delta T$
$t = ۵\ mm$	$A_{fin} = ۲(L \times Z) + ۲(L \times t) + t \times Z$
$Z = ۵\ cm$	$A_{fin} = ۲(۰,۱ \times ۰,۰۵) + ۲(۰,۱ \times ۰,۰۰۵) + ۰,۰۰۵ \times ۰,۰۵$
$h = ۲۰۰$	$= ۰,۰۱۱۲۵$
$K = ۱۰۰$	$q_{max} = ۲۰۰ \times ۰,۰۱۱۲۵ \times (۱۰۰ - ۲۰) = ۱۸۰\ [w]$
$T_{base} = ۱۰۰^{\circ}C$	
$T_{air} = ۲۰^{\circ}C$	

Subject ۹۸/۸/۱۸
Date

$$L_c = L + \frac{t}{2} \Rightarrow L_c = 0.1 + \frac{0.005d}{2} = 0.102d$$

$$(L_c)^{\frac{3}{2}} = 0.102d^{\frac{3}{2}} = 0.0328$$

$$\frac{h}{kLt} = \frac{200}{100 \times 0.1 \times 0.005d} = 4000 \longrightarrow \left(\frac{h}{kLt}\right)^{\frac{1}{2}} = 63.24$$

$$(L_c)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{h}{kLt}\right)^{\frac{1}{2}} = 0.0328 \times 63.24 = 2.074$$

بازده = $0.3d$ $\qquad$ $q_{\text{واقعی}} = 0.3d \times 180 \simeq 63\ [W]$

صبل های حراری: دستگاه هایی هستند که در آنها دو سیال گرم و سرد با هم در تبادل انرژی می باشند بصورتی که سیال گرم، گرما از دست داده و کاهش دما پیدا میکند همچنین سیال سرد، گرما دریافت کرده و افزایش دما پیدا میکند.

در صبل های حراری فرض براین است که هیچ گونه اتلاف انرژی وجود ندارد.

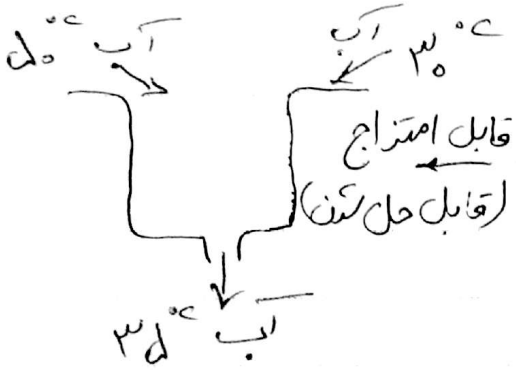
مبنای انتخاب صبل های حراری: در این صبح دو پارامتر هزینه و طول عمر موثر خواهند بود که بسته به شرایط محیط در مورد آنها تصمیم گرفته میشود. گاهی از صبل حراری گران قیمت که هزینه های جاری کمتری دارد استفاده میشود و گاهی

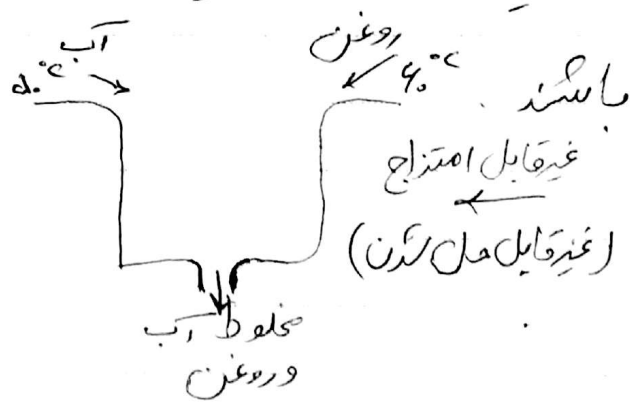
Subject ۹۸,۹,۲
Date

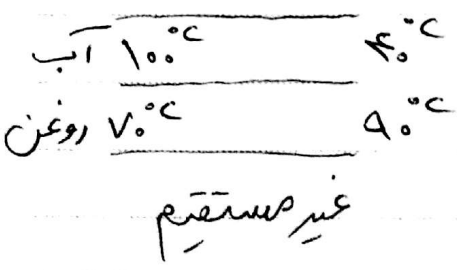
از مبدل های حرارتی ارزان قیمت با هزینه جاری بالا

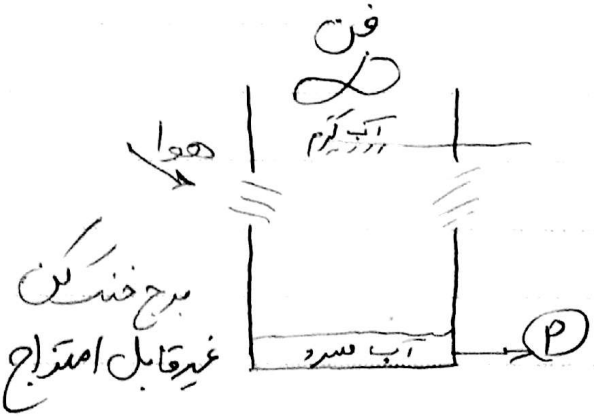
تقسیم بندی مبدل های حرارتی:

۱) نوع برخورد ـ در مبدل های حرارتی هرگاه دو سیال در تماس مستقیم با هم باشند، نوع مبدل برخورد مستقیم خواهد بود که ۲ دو حالت قابل امتزاج و غیرقابل امتزاج تقسیم می‌شود. از حالت برخورد مستقیم زمانی استفاده می‌شود که انتقال حرارت و انتقال جرم ۲ صورت هم زمان مورد مطالعه قرار گیرند و در نوع مبدل برخورد غیرمستقیم خواهد بود. بدین صورت که دو سیال در دو مجرای جداگانه بدون اختلاط در حال حرکت باشند.







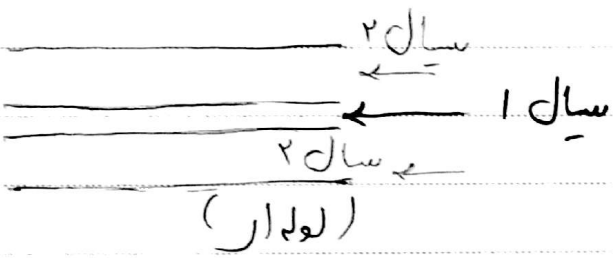


Subject ۹۸،۹،۲
Date

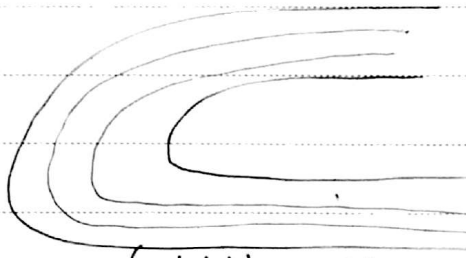
۲) آرایش جریان ← مبدل های حرارتی زمانی که بر مبنای آرایش جریان تقسیم بندی میشوند، به سه حالت هم جهت، خلاف جهت و مایلی (عمود بر هم).

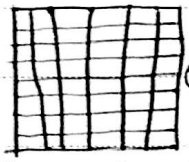
۳) تعداد سیال ← در مبدل های حرارتی معمولا دو یا سه سیال در جریان هستند ولی گاها در صنایع داروسازی از مبدل هایی با هفت نوع سیال مختلف استفاده میشود.

۴) ساختمان ← به چهار حالت لوله ای - ماتریسی - صفحه ای و پوسته لوله تقسیم میشوند.

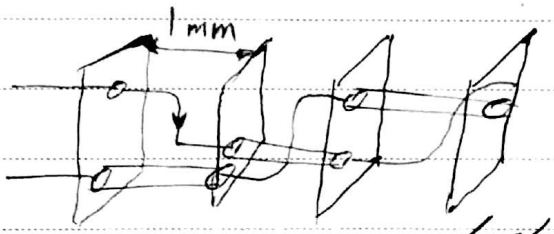


(لوله ای)

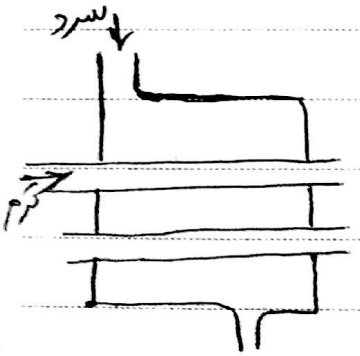

سنجاق سر (لوله ای) Hair pin


رادیاتور اتومبیل

(ماتریسی)



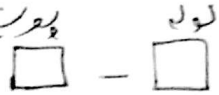
آب کرم کن استخر (صفحه ای)



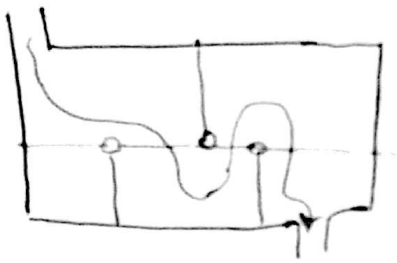
(پوسته لوله)

Subject
Date

در صبل های پوسته لوله ، نوع صبل با دو عدد گزارش میشود . عدد اول عدد پوسته و عدد دوم عدد لوله خواهد بود .



نکته : در صبل های پوسته - لوله گاها طول لوله ها به بیش از 50m میرسد که در این صورت که شکل لوله مطابق شکل زیر ایجاد شکم خواهد کرد . برای رفع این شکل از یکل (Buffel) استفاده میشود . ⟵ شکم



LMTD (Logarithmic Mean Temperature Difference)

$$q = hA\Delta T$$

آب	100°C	70°C
روغن	30°C	50°C

دمای گرم ورودی ← دبی حرارتی ← بالاترین دمای ورودی را دارد به عنوان دمای گرم در نظر می‌گیریم و دمای بعدی دمای سرد خواهد بود.

$$LMTD = \Delta T_m = \frac{(\Delta T)_{\text{گرم}} - (\Delta T)_{\text{سرد}}}{\ln \frac{(\Delta T)_{\text{گرم}}}{(\Delta T)_{\text{سرد}}}}$$

هم جهت ←

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - t_1) - (T_2 - t_2)}{\ln \frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}}$$

خلاف جهت ←

$$\Delta T_m = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln \frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}$$

ex) دبی مبرد حرارتی آب با دمای 100°C وارد شده و با دمای 70°C خارج می‌شود همچنین روغن با دمای 30°C وارد شده و با دمای 50°C از خارج می‌شود. مساحت مبرد لازم برای این عملیات با ضریب $1.5\ m^2$ با دمای مبرد گرمای مبادله شده در حالتی که جریان هم جهت باشد مقدار گرما چقدر است؟

حل: دمای ورودی بالاترین دما را دارد بنابراین دمای گرم است.

$q = hA\Delta T_m \Rightarrow \Delta T_m = \frac{(100-30)-(70-50)}{\ln\frac{100-30}{70-50}} = 39.91$

$q = 50 \times 4 \times 39.91 = 9977.4\ [W]$

~~در یک دوره‌ای $90^\circ c$ وارد مبدل حرارتی شده و در دمای $50^\circ c$ از آن خارج می‌شود و همچنین~~

~~آبی در دمای $30^\circ c$ وارد مبدل شده و در دمای $40^\circ c$ از آن خارج می‌شود اگر متوسط ضریب انتقال حرارت~~

~~برابر $h = 75\ W/m^2$ بوده و همه ساعت مورد نیاز $15000\ W$ باشد در این حالت سطح مورد نیاز چقدر است؟~~

جهت جریان: موازی

آب $90^\circ c \rightarrow 50^\circ c$

آبگین $30^\circ c \rightarrow 40^\circ c$

$q = 15000\ [W] \quad h = 75\ [W/m^2 \cdot ^\circ c] \quad A = ?$

جهت جریان:
- $90^\circ c \rightarrow 50^\circ c$
- $30^\circ c \rightarrow 40^\circ c$

$\Delta T_m = \frac{(90-30)-(50-40)}{\ln\left(\frac{90-30}{50-40}\right)} = \frac{50}{\ln 6} \Rightarrow \Delta T_m = 27.90$

$q = hA\Delta T_m \Rightarrow 15000 = 75 \times A \times 27.90$

جهت جریان: $A = \frac{15000}{75 \times 27.90} = 7.168\ (m^2)$

نکته: در مباحث مربوط به مبدل های حرارتی همگرمایی که سیال گرم از دست میدهد عموماً به سیال سرد منتقل میشود لذا در حل مسائل هم گونه اتلاف حرارتی نخواهیم داشت.

خلاف جهت

گرم: $90^{\circ}C \rightarrow 50^{\circ}C$

سرد: $30^{\circ}C \rightarrow 50^{\circ}C$

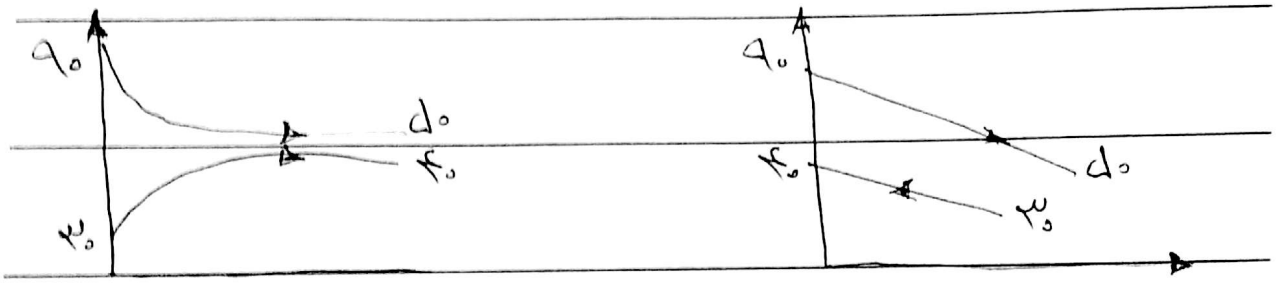
$$\Delta T_{lm} = \frac{(90-40)-(50-30)}{\ln\left(\frac{90-40}{50-30}\right)} = \frac{30}{\ln 2,5}$$

$$\Delta T_{lm} = 32,75$$

$$q = h A \Delta T_m \Rightarrow 15000 = 750 \times A \times 32,75$$

$$A = \frac{15000}{750 \times 32,75} = 0,61 \; [m^2]$$

نکته: همان طور که در جلسات قبل گفته شده در جریان‌های خلاف جهت هم مساحت های کمتری نسبت به جریان‌های هم جهت خواهد بود ولی باید این نکته را نیز در نظر داشت که جریان‌های هم جهت توزیع جریان یکنواخت‌تری نسبت به حالت خلاف جهت دارند.

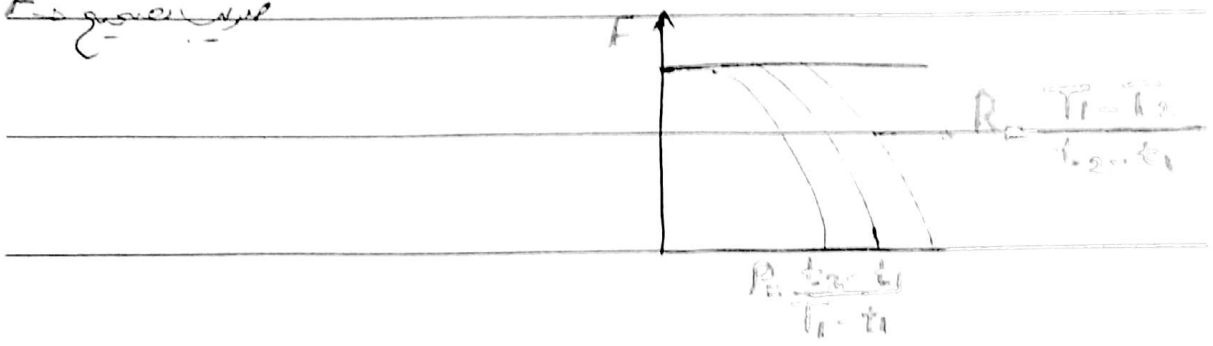


هم جهت

خلاف جهت

$$q = F h A \Delta T_m$$

ضریب تصحیح F



ex) در یک مبدل حرارتی متقابل بادمای $120^\circ C$ وارد مبدل حرارتی شده و با دمای $80^\circ C$ خارج می‌شود همچنین آب با دمای $20^\circ C$ وارد مبدل شده و با دمای $50^\circ C$ از آن خارج می‌شود اگر مساحت $h = 20$ بوده با فرض آنکه قطر لوله داخلی 10cm و قطر لوله خارجی 30cm از این 2m از لوله مقدار گرمای مبادله شده را در این حالت تعیین کنید

الف) هم جهت ب) خلاف جهت ج) پوسته لوله 1-4

$$q = hA\Delta T_m \Rightarrow 20 \times 0.628 \times 58.14 = 730.23$$

$$A = \pi D_1 l \Rightarrow \pi \times 0.1 \times 2 = 0.628 m^2$$

قطر داخلی در نظر گرفته می‌شود چرا که جریان حرارتی از داخل مبادله می‌شود

جهت هم

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_{\text{درجه گرم}} - \Delta T_{\text{درجه سرد}}}{\ln \frac{\Delta T_{\text{گرم}}}{\Delta T_{\text{سرد}}}} \Rightarrow \frac{(120-20)-(80-50)}{\ln \frac{120-20}{80-50}} = 58.14^\circ C$$

هم جهت

بنزین 120°C → 80°C

آب 20°C → 50°C

خلاف جهت

بنزین 80°C → 20°C

آب 50°C → 120°C

ب) خلاف جهت

$q = hA\Delta T_m \Rightarrow 20 \times 0.628 \times 64.87 = 814.76\ W$

$A = \pi D \ell \Rightarrow \pi \times 0.1 \times 2 = 0.628\ m^2$

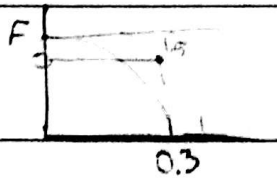
$\Delta T_m = \dfrac{\Delta T_{\text{گرم}} - \Delta T_{\text{سرد}}}{\ln \dfrac{\Delta T_{\text{گرم}}}{\Delta T_{\text{سرد}}}} = \dfrac{(120-50)-(80-20)}{\ln \dfrac{120-50}{80-20}} = 64.87$

* مسائل بودند لوله‌ها خلاف جهت باید باشند.

ج)

$P = \dfrac{t_2 - t_1}{T_1 - t_1} = \dfrac{50-20}{120-20} = 0.3 \qquad R = \dfrac{T_1 - T_2}{t_2 - t_1} = \dfrac{120-80}{50-20} = 1.33$

$q = F h A \Delta T_{m_{\text{خلاف جهت}}} \Rightarrow 0.98 \times 20 \times 0.628 \times 64.87 = 798.47$



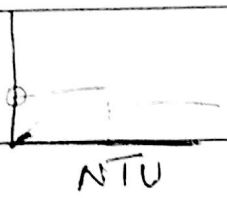
روش NTU ـ ε ـ مراحل حل ـ تعیین C_{max} و C_{min} و $C = \dot{m} c$

2 ـ تعیین سیال جداملی ، سیالی را جداملی تونیم که آن min باشد

3 ـ $\frac{NTU - AU}{C_{min}}$

4 ـ $\frac{C_{min}}{C_{max}}$

5 ـ محاسبه ε از روی نمودار



6 ـ $\varepsilon = \frac{\text{سیال جداملی } \Delta T}{\Delta T_{max} \text{ (اختلاف دما ورودی)}}$

7 ـ دمای خروجی سیال جداملی

8 ـ محاسبه گرما $(q = \dot{m} c \Delta T)$ سیال جداملی

9 ـ $q_{\text{جداکثر}} = q_{\text{جداملی}}$

10 ـ دمای نهایی جداکثر $\Rightarrow \Delta T_{\text{جداکثر}} \Rightarrow (q = \dot{m} c \Delta T)_{\text{جداکثر}}$

~~۲) الکل با دبی جرمی 2kg/s و ظرفیت گرمایی 50kj/kg و دمای 20°C وارد یک مبدل~~
~~حرارتی می‌شود همچنین بنزین با دبی جرمی 1.5kg/s و ظرفیت گرمایی 80kj/kg با دمای 80°C~~
~~وارد مبدل حرارتی می‌شود مطلوب است: دمای خروجی الکل و بنزین و همچنین~~
~~مقدار گرمای مبادله شده بین دو سیال در حالتی که جهت حرکت هر دو سیال یکسان باشد~~ $A=5m^2$ $U=60$

1) $C_{\text{الکل}} = 2\times50 = 100$ (min) $C_{\text{بنزین}} = 15\times80 = 120$ (max)

2) الکل سیال حداقلی است

3) $NTU = \frac{AU}{C_{min}} = \frac{5\times60}{100} = 3$

4) $\frac{C_{min}}{C_{max}} = \frac{100}{120} = 0.83$

5) $\varepsilon = 0.57$ ← پیدا کردن از روی جدول

6) $0.57 = \frac{t_2-20}{80-20} = 34.2$

7) $t_2 - 20 = 34.2 = 54.2$

8) $(q = mc\Delta T)_{\text{الکل}} = 2\times50(54.2-20) = 3420W$

9) $3420 = (mc\Delta T)_{\text{بنزین}} = 1.5\times80\times\Delta T_{\text{بنزین}} \Rightarrow \Delta T = 28.5 \Rightarrow 80 - T_2 = 28.5$

10) $\Rightarrow T_2 = 51.5C$

$t_1 = 20°C$	الکل	$t_2 > 20$
$t_2 = 80°C$	بنزین	$t_2 < 80$

(4) دومثال قبل برای حالت غیرهم‌جهت و مقادیر مبادله شده و دمای خروجی تبریز و الکل را بدست آورید

حل: مانند ۱و۲و۳و۴ عین مثال قبل خواهد بود.

(5) $\varepsilon = 0.8$ ← از روی نمودار

(6) $0.8 = \frac{t_2 - 20}{80 - 20} \Rightarrow 48 = t_2 - 20$

(7) $t_2 = 68^\circ C$

(8) $q = \dot{m} c \Delta T = 2 \times 50 (68 - 20) = 4800 W$

(9) $4800 = 1.5 \times 80 \times \Delta T_{\text{بتن}} \Rightarrow \Delta T_{\text{بتن}} = 40 \Rightarrow 80 - T_2 = 40$

(10) $\Rightarrow T_2 = 40^\circ C$